

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

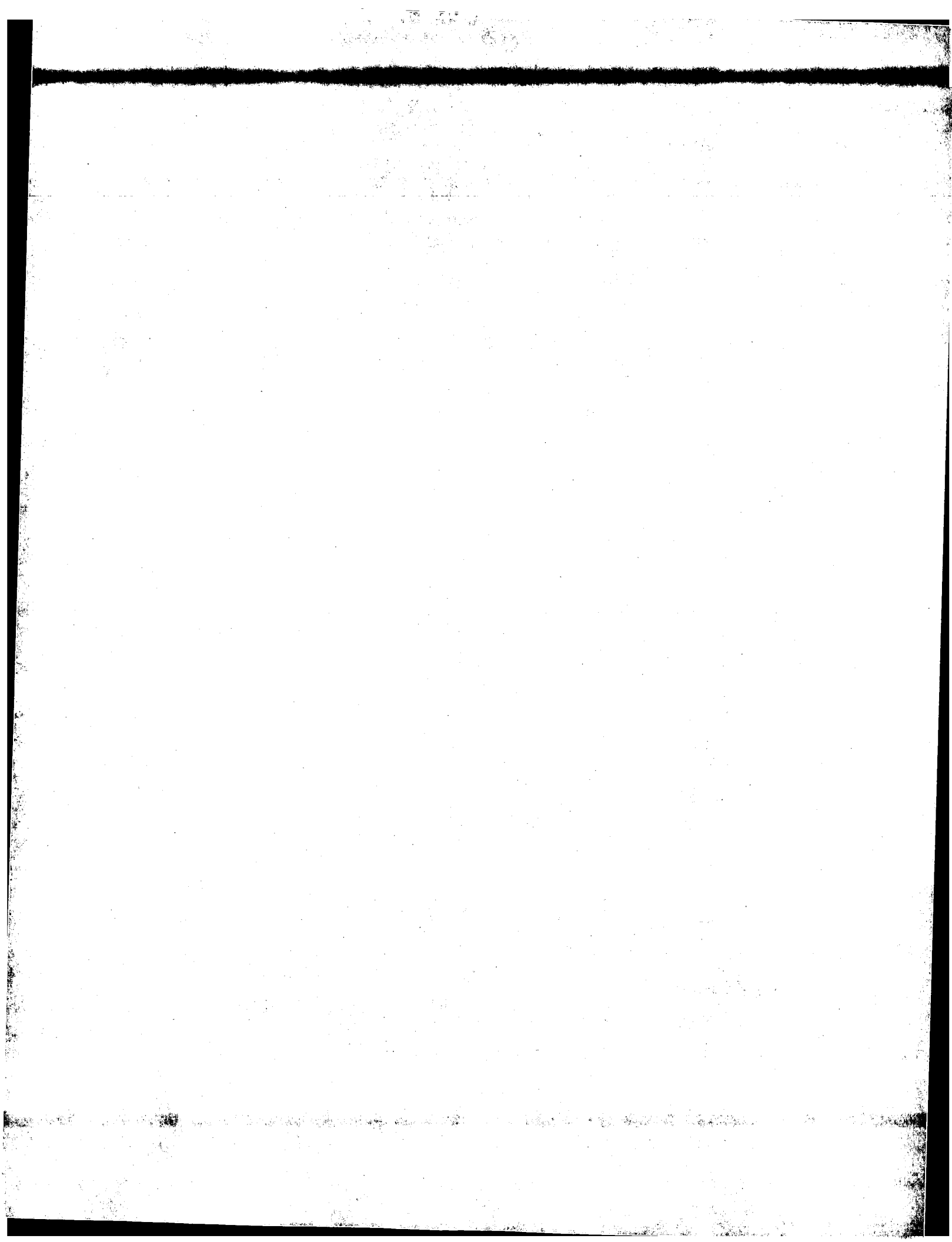
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Express Mail No.: EV 327674171 US

In re application of: WARY

Serial No.: 0 /

Filed: Herewith

Group No.:

Examiner:

For: METHOD FOR THE GENERATION OF A PSEUDO-RANDOM PERMUTATION OF AN N-DIGIT WORD

**Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450**

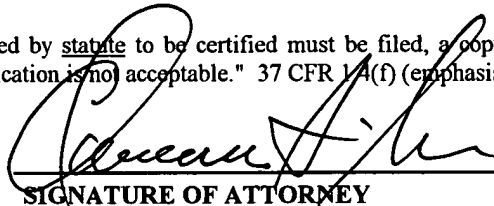


TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country : France
Application Number : 03 50038
Filing Date : February 27, 2003

WARNING: "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)



SIGNATURE OF ATTORNEY

Reg. No.: 24,622

Clarence A. Green

Type or print name of attorney

Tel. No.: (203) 259-1800

Perman & Green, LLP

Customer No.: 2512

P.O. Address

425 Post Road, Fairfield, CT 06824

NOTE: The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **29 DEC. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 27 février 03 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: 035 0038 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 75 DATE DE DÉPÔT: 27 février 2003	Olivier CAMUS Cabinet Christian SCHMIT et Associés 8, place du Ponceau 95000 CERGY France
Vos références pour ce dossier: 10879ER	

1 NATURE DE LA DEMANDE			
Demande de brevet			
2 TITRE DE L'INVENTION			
		PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UNE PERMUTATION PSEUDO-ALÉATOIRE D'UN MOT COMPORTANT N DIGITS	
3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE		Pays ou organisation Date N°	
4-1 DEMANDEUR			
Nom Rue Code postal et ville Pays Nationalité Forme juridique		SOCIÉTÉ FRANÇAISE DU RADIOTÉLÉPHONE Tour Séquoia 1, place Carpeaux 92915 Paris la Défense Cedex France France Société anonyme	
5A MANDATAIRE			
Nom Prénom Qualité Cabinet ou Société Rue Code postal et ville N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique		CAMUS Olivier CPI: 02 0300 Cabinet Christian SCHMIT et Associés 8, place du Ponceau 95000 CERGY 01 30 73 84 14 01 30 73 84 49 info@schmit-associes.com	
6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS			
Texte du brevet		Fichier électronique	Pages
Dessins		textebrevet.pdf	18
		dessins.pdf	2
Désignation d'inventeurs		Détails	
Pouvoir spécifique		D 15, R 2, AB 1... page 2, figures 2, Abrégé: page 2, Fig.2	

7 MODE DE PAIEMENT				
Mode de paiement		Virement bancaire		
8 RAPPORT DE RECHERCHE				
Établissement immédiat				
9 REDEVANCES JOINTES		Devise	Taux	Quantité
062 Dépôt		EURO	35.00	1.00
063 Rapport de recherche (R.R.)		EURO	320.00	1.00
Total à acquitter		EURO		355.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Subject: FR, FR, Cabinet Schmit et associés, O. Camus

Issuier: DE, DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Capacity

Mandataire agréé (Mandataire 1)



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Réception électronique de la soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet: X

Demande de CU:

DATE DE RECEPTION	27 février 2003	Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	0350038	
Vos références pour ce dossier	10879FR	

DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	SOCIÉTÉ FRANÇAISE DU RADIOTÉLÉPHONE
Nombre de demandeur	1
Pays	FR

TITRE DE L'INVENTION

PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UNE PERMUTATION PSEUDO-ALÉATOIRE D'UN MOT COMPORTANT N DIGITS

DOCUMENTS ENVOYES

pkgheader.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
package-data.xml	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	Comment.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	indication-bio-deposit.xml	request.xml
dessins.pdf		

EFFECTUE PAR

Effectué par:	O. Camus
Date et heure de réception électronique:	27 février 2003 08:53:54
Empreinte officielle du dépôt	A4:35:08:8A:7A:C7:51:49:3F:4E:FF:5A:16:08:AE:FA:E3:9E:2B:39

/ PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersburg
NATIONAL DE 75600 PARIS cedex 08
LA PROPRIÉTÉ Téléphone : 01 53 04 53 04
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

Procédé de génération d'une permutation pseudo-aléatoire d'un mot comportant N digits

5 L'invention a pour objet un procédé de calcul pseudo-aléatoire d'une permutation d'un mot comportant N digits. Le domaine de l'invention est celui de la cryptographie. Plus particulièrement le domaine de l'invention est celui de la cryptographie appliquée au cryptage de mots composés de digits.

Un but de l'invention est de permettre le cryptage robuste d'un mot composé de N digits, N étant compris dans l'intervalle [7, 30].

10 Un autre but de l'invention est de fournir un cryptage rapide d'un mot composé de N digits, N étant compris dans l'intervalle [7, 30].

Un autre but de l'invention est de déterminer une permutation pseudo-aléatoire robuste dans un ensemble de cardinal 10^N , ce cardinal n'est donc pas une puissance de 2.

15 Un autre but de l'invention est de réaliser le chiffrement d'identifiants basés sur l'emploi de digits, comme par exemple des numéros de téléphone.

Un autre but de l'invention est de générer une chaîne de N digits qui soit pseudo-aléatoire, c'est à dire que pour une personne qui ne connaît pas la clé secrète qui a été utilisée pour générer cette chaîne, cette chaîne n'est
20 en pratique pas distinguable d'une chaîne réellement aléatoire.

Un autre but de l'invention est de produire des chaînes de N digits telles que le processus de production garantisse que la même chaîne ne sera pas produite deux fois.

25 Dans l'état de la technique, on entend par bit une grandeur pouvant prendre la valeur 0, ou la valeur 1. Ces deux valeurs sont physiquement représentées, dans un ordinateur ou une mémoire, par un signal électrique pouvant prendre 2 valeurs, l'une associée à 0, l'autre associée à 1. Un mot binaire est une succession ordonnée de bits.

Un digit est une grandeur pouvant prendre l'une des valeurs suivantes
30 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Un digit peut être codé par des bits. Alors, dans ce cas, à chaque digit correspond un mot binaire. En général ce mot binaire est long de 4 bits, mais il peut s'agir d'un mot binaire long de 8 bits (code ASCII) ou plus. Un mot en digits est une succession ordonnée de digits.

Une permutation est une bijection sur un ensemble fini.

35 On nomme «permutation pseudo-aléatoire» une permutation qui est

générée par un programme informatique assez simple à calculer à partir d'une clé secrète K, ayant la propriété suivante : une personne qui ne connaît pas la clé K est en pratique incapable de distinguer une telle permutation d'une permutation réellement aléatoire (avec les mêmes tailles d'entrée et de sortie), car le nombre de calculs à faire pour les distinguer par les méthodes connues est supérieur à ce qui est faisable de façon réaliste.

Actuellement, on considère que s'il faut faire 2^{80} calculs élémentaires (ou plus) pour résoudre un problème, ce nombre de calculs est trop grand pour des attaquants éventuels.

Dans l'état de la technique on connaît des permutations dans des ensembles dont le nombre d'éléments est une puissance de 2. On connaît aussi des tentatives pour adapter ces permutations à des ensembles dont le nombre d'éléments n'est pas une puissance de 2. Une telle technique, pour chiffrer les éléments d'un ensemble E comportant n éléments, consiste à utiliser une permutation P travaillant sur un sur-ensemble SE de E comportant un nombre d'éléments en puissance de 2. Pour déterminer $C_k(x)$, c'est-à-dire le cryptage de x appartenant E avec la clé k, on commence par calculer le n-uplet V, avec

$$V = \{ P_k(i) \}, \text{ où } i \text{ décrit } E.$$

Comme tous les éléments de V sont différents, on produit un n-uplet W en remplaçant chaque élément de V par le rang de cet élément dans oV , où oV est le n-uplet V ordonné. Alors on obtient que $C_k(x)$ est le x-ième élément de W.

Un inconvénient de cette méthode est que pour chiffrer/déchiffrer un mot, il faut chiffrer/déchiffrer tous les mots de l'ensemble de départ. Cela conduit à des temps de calcul importants et prohibitifs. De tels calculs prennent en effet beaucoup de temps ce qui réduit les temps de réponses d'un serveur, dans une application client serveur. Si le client est un appareil portable autonome tel qu'un téléphone mobile, et que le client doit mettre en œuvre un tel procédé, cela est encore plus préjudiciable car le client dispose de moins de puissance de calcul qu'un serveur.

Une autre méthode connue pour réaliser une permutation d'un ensemble E comportant un nombre d'éléments n'étant pas une puissance de 2 est de considérer un sur-ensemble SE de E, où SE comporte un nombre d'éléments étant une puissance de 2, et une permutation P de l'ensemble

SE. Alors $C_k(x)$, c'est-à-dire le chiffrement de x pour une clé k , est obtenu par l'algorithme récursif suivant:

Algorithme $C_k(x)$

$y = P_k(x)$

5

si y est dans E alors renvoyer y

sinon renvoyer $C_k(y)$

fin

La faiblesse de cette méthode réside dans le temps de convergence de l'algorithme utilisé. En effet, il peut arriver qu'il faille effectuer beaucoup de calculs et dans ce cas le temps de calcul devient prohibitif.

10

Dans l'état de la technique on connaît d'autres solutions de chiffrement non basées sur des permutations, c'est-à-dire non basées sur des bijections. Cependant dans la mesure où l'on cherche à effectuer un cryptage réversible il faut s'assurer que le résultat d'un chiffrement est unique. Ainsi, actuellement, dans certaines applications, certains industriels ou opérateurs, pour garantir l'unicité du chiffrement stockent depuis des années toutes les chaînes de digits générées. Ils peuvent ainsi s'assurer que chaque chaîne est nouvelle car s'ils génèrent une chaîne déjà utilisée, ils le détectent et ne mettent pas cette chaîne à nouveau en circulation, mais génèrent une autre chaîne. Mais un tel procédé est coûteux et se révèle à la longue peu commode car il faut vite disposer de beaucoup de mémoire, et avoir des moyens de sauvegarde importants et rapidement accessibles dans des locaux très sécurisés. De plus le nombre de calculs à faire croît avec le nombre de valeurs déjà générées, et donc croît avec le temps.

15

20

25

30

En particulier, ces trois solutions ne présentent pas de bonnes performances pour ce qui est de générer des permutations sur des numéros de type carte bleue ou des numéros de téléphone. En effet, le nombre de calculs à effectuer peut être prohibitif et la sécurité cryptographique non assurée. Au lieu de ces trois solutions, il est possible d'utiliser un générateur de permutations pseudo-aléatoires sur des digits, comme nous allons le décrire. Le fait que deux fois la même valeur ne soit pas générée sera garanti par le caractère bijectif du générateur (il génère des permutations).

35

Actuellement toutes les fonctions cryptographiques standards, en cryptographie à clé secrète, prennent en entrée un certain nombre de bits, et donnent en sortie un certain nombre de bits. C'est le cas par exemple de la

fonction SHA-1, de la fonction DES, de la fonction AES,... . Or dans certaines applications industrielles, par exemple en téléphonie, on souhaite avoir en entrée et en sortie non pas un certain nombre de bits, mais un certain nombre de digits. Pour cela une solution serait de réécrire des

- 5 fonctions spécifiques, mais leur étude peut prendre beaucoup de temps, et elles auront forcément été beaucoup moins analysées par la communauté cryptographique internationale. Ou bien, selon l'invention, l'on peut construire des schémas qui vont avoir des entrées et des sorties sur des digits, mais qui vont utiliser en interne des fonctions cryptographiques classiques sur des
- 10 bits pour assurer la sécurité. C'est une telle méthode, pour un problème particulier, qui est mise en œuvre ici.

Pour une meilleure appréhension du sujet et de l'objet de la présente invention, il est ici succinctement rappelé quelques notions relatives aux schémas de Feistel. Tout d'abord, définissons ce que l'on nomme un schéma

15 de Feistel.

Soit n un entier naturel. Notons $I_n = \{0, 1\}^n$ l'ensemble des chaînes de n bits.

Soit f_1 une fonction quelconque de I_n vers I_n .

Soient G et D deux éléments de I_n .

- 20 On note $[G, D]$ l'élément de I_{2n} dont les n premiers bits valent G , et les n suivants valent D .

On note $\psi(f_1)$ la bijection de I_{2n} vers I_{2n} telle que : pour tout $[G, D]$ de I_{2n} , et pour tout $[U, V]$ de I_{2n} , $\psi(f_1)[G, D] = [U, V]$ si et seulement si :

$$S = D \text{ et } T = G \oplus f_1(D),$$

- 25 où \oplus désigne l'opération «XOR» (ou addition bits à bits modulo 2).

$\psi(f_1)$ est bien une bijection, car la fonction inverse est la fonction g telle que :

$$g[U, V] = [T \oplus f_1(S), S] = [G, D].$$

- Enfin, T étant un entier, que l'on nommera le nombre de tours du schéma de Feistel, et f_1, f_2, \dots, f_T étant T fonctions de I_n vers I_n , que l'on nommera les T fonctions de tours, on note $\psi(f_1, f_2, \dots, f_T)$ la bijection suivante de I_{2n} vers I_{2n} :
- 30

$$\psi(f_1, f_2, \dots, f_T) = \psi(f_T) \dots \circ \psi(f_2) \circ \psi(f_1),$$

où \circ désigne la loi de composition des fonctions.

- 35 La bijection $\psi(f_1, f_2, \dots, f_T)$ est nommée « schéma de Feistel en T tours ».

Définissons à présent ce que l'on nomme un schéma de Feistel généralisé. L'idée qui sous-tend cette forme différente du schéma de Feistel est la suivante. Au lieu de couper en deux parties égales de n bits, afin d'obtenir $2n$ bits, on peut plus généralement à chaque tour couper en une

5 partie de a bits, et une autre de b bits, avec $a + b = N$ (N : étant dans ce cas le nombre total de bits de l'entrée et de la sortie). Il est également possible de faire varier a et b suivant le numéro i de tour, les valeurs de a et b variant selon les tours seront notées a_i et b_i . On obtient alors ce que l'on nomme un schéma de Feistel généralisé. Cette définition peut être précisée comme ci-

10 dessous :

n étant un entier naturel quelconque, on note toujours $I_n = \{0, 1\}^n$ l'ensemble des chaînes de n bits.

Soient a , b et n trois entiers naturels tels que : $a + b = n$.

Soit f_1 une fonction quelconque de I_b vers I_a .

15 Soit G un élément de I_a , et D un élément de I_b .

On note $[G, D]$ l'élément de I_n dont les a premiers bits valent G , et les b suivants valent D .

On note $\psi'(f_1)$ la bijection de I_n vers I_n telle que : pour tout $[G, D]$ de I_n , et pour tout $[U, V]$ de I_n , $\psi'(f_1)[G, D] = [U, V]$ si et seulement si :

20 $U = G \oplus f_1(D)$, et $V = D$

où \oplus désigne l'opération «XOR» (ou addition bits à bits modulo 2).

Et λ étant la fonction qui fait une rotation sur les bits de a bits (le nouveau premier bit est l'ancien $(a+1)^{\text{ième}}$ bit, le nouveau deuxième bit est l'ancien $(a+2)^{\text{ième}}$ bit etc.), on note :

25 $\psi(f_1) = \lambda \circ \psi'(f_1)$

Enfin, T étant un entier, que l'on nommera le nombre de tours du schéma de Feistel généralisé, et f_i , $1 \leq i \leq T$, étant T fonctions de I_{b_i} vers I_{a_i} , que l'on nommera les T fonctions de tours, on note $\psi(f_1, f_2, \dots, f_T)$ la bijection suivante de I_{2n} vers I_{2n} :

30 $\psi(f_1, f_2, \dots, f_T) = \psi(f_T) \dots \circ \psi(f_2) \circ \psi(f_1)$,

où \circ désigne la loi de composition des fonctions.

La bijection $\psi(f_1, f_2, \dots, f_T)$ est nommée «schéma de Feistel généralisé en T tours».

Il peut être également ici envisagé des cas particuliers de schémas

35 de Feistel généralisés, par exemple alternant a bits et b bits. Ainsi, il est

aussi possible de faire alterner des fonctions qui changent a bits, et des fonctions qui changent b bits comme présenté ci-dessous.

Ainsi par exemple, tous les tours impairs on pourra avoir une transformation du type :

5 $\psi(f_i)[G,D] = [U, V]$ si et seulement si :

$U = G \oplus f_i(D)$ et $V = D$, où f_i est une fonction de I_b vers I_a ,

et tous les tours pairs on pourra avoir une transformation du type :

$\psi(f_j)[G,D] = [U, V]$ si et seulement si :

$U = G$ et $V = D \oplus f_j(G)$, où f_j est une fonction de I_a vers I_b .

10 Dans l'invention on résout ces problèmes en utilisant un schéma de Feistel généralisé. Le schéma de Feistel généralisé utilisé est un schéma comportant au minimum 5 tours, et dans un exemple préféré 6 tours. Une meilleure résistance à l'analyse cryptographique est cependant parfois
15 obtenue avec un nombre de tours plus élevé. Aussi on peut aller jusqu'à un nombre de 30 tours pour rester dans des temps de calcul compatibles avec des temps de réponse d'un système mettant en œuvre l'invention. Les fonctions de tour du schéma de Feistel généralisé prennent en entrée a digits et donnent en sortie b digits. Elles sont réalisées de la façon suivante, sachant que ces fonctions doivent travailler sur des mots binaires :

20 1. on calcule un mot binaire A à partir de ces b digits, d'une clé K et du numéro i de tour, il s'agit par exemple ici d'une simple conversion en binaire de la concaténation de ces valeurs,

2. on calcule $B=f(A)$, où f est une fonction à sens unique sur des bits, cette étape est en général l'étape la plus importante pour la
25 sécurité du fait du caractère à sens unique de la fonction f,

3. on calcule $C=g(B)$, où g est une fonction qui prend en entrée un mot binaire et donne en sortie un mot comportant a digits, il s'agit par exemple ici d'une simple conversion en digits d'un mot binaire, on prendra souvent pour l'étape 2 une fonction f telle que B a exactement
30 le format adapté à une telle conversion directe.

Ainsi, les mots binaires de sortie de fonctions de tour sont transformés en digits. Une telle fonction de tour est, par exemple, basée sur l'algorithme de hachage SHA-1 (Secure Hash Algorithm, pour algorithme de hachage sécurisé). On obtient par cette construction une permutation pseudo-
35 aléatoire dans un ensemble d'éléments composés de digits. La permutation,

c'est-à-dire le caractère bijectif, est garantie par construction, par l'utilisation d'un schéma de Feistel. L'aspect pseudo-aléatoire est lui garanti car aucune attaque cryptographique connue ne vient à bout de ce mode de chiffrement du fait que l'on utilise ici au moins 5 tours.

5 L'invention a donc pour objet un procédé de génération d'une permutation pseudo-aléatoire d'un mot comportant N-digits dans lequel:

- on met en œuvre un schéma de Feistel (202-205) généralisé, caractérisé en ce que:

10 - les fonctions de tours du schéma de Feistel généralisé mis en œuvre sont des fonctions (Fi) telles que :

- les mots d'entrée des fonctions de tours sont produits par la conversion de mots en digits en mots binaires,

- puis sur ces mots binaires est appliquée une fonction à sens unique,

15 - enfin, la sortie en digits est une fonction de ces mots binaires.

- on lit dans une mémoire (104) un mot en digits à chiffrer,

- le schéma de Feistel généralisé utilisé comporte au moins $T = 5$ tours.

20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles ci sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- Figure 1: une illustration de moyens utiles à la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

- Figure 2 : une illustration d'étapes du procédé selon l'invention.

25 De manière générale, les actions décrites sont entreprises par un dispositif comportant un microprocesseur et une mémoire comportant des codes instructions pour commander ce microprocesseur. Ces codes instructions correspondent à la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'invention. Un mot, qu'il soit binaire ou en digits, est une représentation
30 électrique, ou encore un signal électrique, d'une grandeur dans une mémoire ou un registre. Lorsque l'on prête une action à un appareil, celle-ci est réalisée par un microprocesseur de cet appareil commandé par des codes instructions enregistrés dans une mémoire de cet appareil.

35 La figure 1 montre un appareil 101 mettant en œuvre le procédé selon l'invention. Les étapes du procédé selon l'invention sont donc mises en

œuvre par l'appareil 101. Un tel appareil est dans la pratique un serveur d'un opérateur d'un réseau de télécommunications. Cependant, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre par tout dispositif ou système correspondant à la figure 1. Pour l'exemple on cite comme appareil susceptible de mettre en œuvre le procédé selon l'invention: un téléphone mobile, un assistant personnel, un ordinateur qu'il soit portable, fixe, ou en rack... la liste n'est pas exhaustive.

La figure 1 montre que l'appareil 101 comporte un microprocesseur 102, une mémoire 103 de programme, une mémoire 104 de mot en digits d'entrée, une mémoire 105 de mot en digits de sortie, une mémoire 106 de clé, une mémoire 107 de nombre de tours, et des circuits 108 interface. Les éléments 102 à 108 sont interconnectés par un bus 109.

Sur la figure 1 les mémoires 103 à 107 sont représentées comme des mémoires séparées. Dans la pratique ces mémoires peuvent très bien n'être qu'un seul et même composant mémoire, ou un composant mémoire et des registres d'un circuit spécialisé (ASIC).

La mémoire 104 permet d'enregistrer un mot en digits qui doit être chiffrer/crypter par le procédé selon l'invention. La mémoire 105 permet d'enregistrer le résultat du chiffrement, par le procédé selon l'invention, du mot enregistré dans la mémoire 104. La mémoire 106 permet d'enregistrer une clé utilisée par le procédé de chiffrement selon l'invention. La mémoire 107 permet d'enregistrer le nombre de tours du schéma/réseau de Feistel du procédé selon l'invention.

La mémoire 103 est divisée en plusieurs zones correspondant à différentes fonctions mises en œuvre par le microprocesseur 102. Une zone 103a comporte des codes instructions correspondant à la mise en œuvre d'un schéma de Feistel. Une zone 103b comporte des codes instructions correspondant à la mise en œuvre d'une fonction de hachage, dans notre exemple SHA-1. Une zone 103c correspond à la mise en œuvre de fonctions de communication, plus particulièrement les codes instructions de la zone 103c permettent de commander les circuits 108. Une zone 103d comporte des codes instructions pour la mise en œuvre d'une fonction de tour.

La mémoire 103 comporte d'autres zones, de travail et de stockage, non représentées sur la figure 1.

Les circuits 108 permettent de connecter l'appareil 101 à des

dispositifs extérieurs, comme un réseau, un clavier, un écran. C'est via ces circuits 108, et les codes instructions de la zone 103c, qu'il est possible de lire et/ou d'écrire dans les mémoires 104 à 107 qui sont aussi des mémoires de paramétrage/configuration du procédé selon l'invention.

5 La figure 2 illustre le fonctionnement d'un schéma de Feistel généralisé selon l'invention. La figure 2 montre une étape 201 préliminaire dans laquelle un utilisateur saisit le mot en digits que l'on souhaite chiffrer. Cette saisie consiste à écrire le mot M en digits à chiffrer dans la mémoire 104. Dans l'étape 201 l'utilisateur renseigne aussi le contenu de la mémoire 106 de clé, ainsi que le contenu de la mémoire 107 de nombre de tours. La mise à jour de ces mémoires se fait via les circuits 108.

On passe alors à la première étape du procédé de chiffrement proprement dit, il s'agit d'une étape 202 de découpage et de conversion du mot M en digits en deux mots G0 et D0 binaires. Ce découpage est tel que M = [G0, D0]. Par construction et définition, G0 est la partie gauche de M et D0 est la partie droite de M. Nous considérons pour l'exemple que M comporte 10 digits, c'est-à-dire que N vaut 10. Dans le cas d'un schéma de Feistel standard le mot à chiffrer est découpé en deux parties d'égale longueur. Nous discuterons du schéma de Feistel généralisé ultérieurement. Dans 20 notre exemple G0 et D0 sont donc des mots binaires correspondant chacun à 5 digits. Dans cet exemple on a donc $A = B = 5$, où A est la longueur en digit du mot G0, et B est la longueur en digit du mot D0.

Un mot en digits a une représentation binaire en mémoire. Cette représentation est la plupart du temps une suite de quartets (4 bits), ou 25 respectivement une suite d'octets (8 bits, pour le code ASCII). Chaque quartet, respectivement octet, correspond alors à un digit. Si nous considérons le cas de l'emploi de quartet, de manière connue, la conversion d'un mot en digits en un mot en binaire se fait alors simplement par la juxtaposition des mots binaires correspondant à chaque digit. Ainsi 0 30 correspond au quartet 0000, 1 au quartet 0001, 2 au quartet 0010, ... ainsi de suite jusqu'à 9 qui correspond au quartet 1001. Avec ce mode de codage la conversion binaire, par exemple, du mot en digits 12345 est le mot binaire 00010010001101000101 composé de 5 quartets.

Il existe une autre manière de convertir un mot en digits en un mot 35 binaire, cette autre manière est celle du mode de réalisation préféré de

l'invention. Cette autre manière de conversion consiste à convertir un mot en digits en utilisant le mot binaire ayant la même valeur décimale que le mot en digits lu. Ainsi le mot en digits 12345 est converti en un mot binaire correspondant à sa valeur décimale, soit le mot binaire 11000000111001.

5 A la fin de l'étape 202, on a donc découpé le mot M en digits en deux mots G0 et D0 binaires. Par exemple, si le mot en digits est 1234567890, alors G0 est la conversion en binaire de 12345, et D0 est la conversion en binaire de 67890. On passe alors à une étape 202 ou premier tour du schéma de Feistel selon l'invention.

10 Dans l'étape 202 on calcule un mot binaire G1 qui est en fait égal à D0. On calcule aussi un mot binaire D1 tel que $D1 = G0 \oplus F1(D0)$. Dans cette expression le symbole \oplus correspond à un "ou exclusif" aussi connu sous le nom de fonction XOR. La fonction F1 est la fonction de tour du premier tour du schéma de Feistel selon l'invention. De manière générale, on note Fi la fonction de tour du i-ème tour du schéma de Feistel selon l'invention. La fonction Fi s'exprime par exemple comme suit:

$$Fi(x) = \langle \text{SHA_1}(i \parallel K \parallel x \parallel j) \rangle (1).$$

20 Dans cette expression SHA_1() est la fonction de hachage du même nom. Dans la pratique on peut employer un autre algorithme de hachage comme MD5 par exemple. On peut aussi employer une autre fonction comme AES (Advanced Encryption Standard, pour standard de chiffrement avancé), TDES (Triple Data Encryption Standard, pour triple standard de chiffrement de données). Il s'agit là de fonctions pseudo-aléatoires standards de cryptographie sur des mots binaires. De manière plus générale on peut employer n'importe quelle fonction ou fonction pseudo-aléatoire sur des bits.

25 \parallel est un opérateur de concaténation, K est la clé qui est lue dans la mémoire 106, i est l'indice du tour de la fonction de Feistel. La notation $\langle \parallel j \rangle$ signifie que l'on initialise j à 0, puis que l'on extrait les 17 bits de poids fort de la sortie de la fonction SHA_1. Si ces 17 bits correspondent exactement à 5 digits, on garde cette sortie, sinon on augmente j d'une unité et on réévalue l'expression (1) jusqu'à avoir cette propriété. Cette itération sur j correspond en fait à une conversion d'un nombre binaire en nombre en digits. Les mots d'entrée des fonctions de tours sont donc produits par la conversion de mots en digits en mots binaires. Les mots binaires de sortie des fonctions de tours
30 sont donc convertis en mots en digits. Pour que 17 bits correspondent

exactement à 5 digits, il faut que la conversion en décimal de ce mot de 17 bits s'exprime avec 5 chiffres.

Le fait que l'on extrait 17 bits est lié au fait que l'on travaille avec des mots de 5 digits de longueur. Plus particulièrement cela est lié au fait que la fonction de tour considérée produit un mot de 5 digits. Dans la pratique le nombre de bits extraits est lié à la longueur du mot en digits produit par la considération suivante: le nombre de bits extraits correspond à la longueur d'un mot binaire permettant de coder la plus grande valeur décimale représentable avec le nombre de digits du mot produit. Ainsi, avec 5 digits, la plus grande valeur décimale représentable est 99 999. Il faut 17 bits pour coder cette valeur en binaire. Si on considère, par exemple, un mot de 7 digits, alors la plus grande valeur décimale représentable est 9 999 999. Dans ce cas, il faut extraire 24 bits. Ce raisonnement s'applique à n'importe quel nombre de digits.

Dans une variante, l'itération sur j s'arrête dès que les bits extraits correspondent à une valeur décimale représentable par le nombre de digits à produire par la fonction de tour.

On rappelle ici que les mots traités ont une longueur de 5 digits car le mot M a une longueur de 10 digits et qu'il a été séparé en 2 mots de 5 digits chacun.

La fonction décrite par l'expression (1) est non réversible, c'est à dire à sens unique, car elle met en œuvre une fonction de hachage elle-même non réversible. Non réversible signifie que l'on est incapable de déterminer l'entrée d'une fonction en connaissant sa sortie. D'une manière générale l'irréversibilité de la fonction de tour est liée au fait que l'on extrait un certain nombre de bits de sa sortie, et donc qu'il ne peut s'agir d'une bijection.

A la fin de l'étape 203 on a donc un mot $M1 = [G1, D1]$. On passe alors à une étape 204 de calcul d'un mot $M2 = [G2, D2]$ avec $G2 = D1$, et $D2 = G1 \oplus F2(D1)$. L'étape 204 est le deuxième tour du schéma de Feistel selon l'invention. L'étape 204 est identique à l'étape 203 si ce n'est que l'étape 204 travaille sur le mot $M1$ alors que l'étape 203 travaille sur le mot M .

Dans le cas général, dans un schéma de Feistel, le i -ème tour produit un mot $M_i = [G_i, D_i]$ avec $G_i = D_{i-1}$ et $D_i = G_{i-1} \oplus F_i(D_{i-1})$.

Dans notre exemple on considère un schéma de Feistel à 5 tours, donc T vaut 5. Ainsi, après l'étape 204 on effectue les troisième et quatrième

tours comme décrit pour le cas général.

Lors du T-ième tour, ici le cinquième tour et l'étape 205, on produit un mot $M_T = [G_T, D_T]$. Avec $G_T = G_{T-1} \oplus F_T(D_{T-1})$, et $D_T = G_{T-1}$. Le mot M_T peut ainsi être utilisé comme entrée du schéma de Feistel avec la clé K et on retrouvera en sortie le mot M de départ. Le mot M_T est le résultat du chiffrement du mot M par le procédé selon l'invention. A la fin de l'étape 205, le mot M_T est écrit dans la mémoire 105. Une écriture résumée du procédé selon l'invention est d'écrire:

$$M_T = \text{Chi}(M, K, T),$$

expression qui doit être lue comme M_T est le résultat du chiffrement (Chi) de M par le procédé selon l'invention avec la clé K, et un nombre de tours égal à T. La fonction de déchiffrement est alors la même, et on a:

$$M = \text{Chi}(M_T, K, T)$$

La mémoire 105 est lue via les circuits 108 ce qui permet d'utiliser le résultat du chiffrement.

Dans notre exemple le schéma de Feistel comporte $T = 5$ tours. Dans une mise en œuvre préférée, le schéma de Feistel comporte 6 tours. Dans la pratique on peut aller jusqu'à 30 tours. Cependant il faut savoir faire un compromis avec la rapidité d'exécution. En effet, plus le nombre de tours est important, plus le temps de calcul croît. Dans la pratique 6 tours suffisent à se prémunir contre toutes les attaques connues non basées sur la force brute. Avec la puissance de calcul disponible actuellement on peut monter jusqu'à 30 tours sans détériorer sensiblement les temps de réponse d'un système mettant en œuvre le procédé selon l'invention. Dans la pratique le nombre de tour T est donc inférieur à 30.

Dans l'exemple de la description on a considéré que le mot M comporte 10 digits. Dans la pratique le mot M peut comporter un nombre impair de digits. Dans la pratique aussi on peut effectuer un découpage non symétrique du mot M. Dans ces deux cas on met en œuvre un schéma de Feistel généralisé, c'est-à-dire tel que A est différent de B. On note que le cas $A = B$, est un cas particulier du schéma généralisé.

Considérons par exemple que M comporte $N = 11$ digits. Considérons alors que A vaut 5 et B vaut 6. On a bien $N = A + B$. On a aussi G_0 à une longueur de 5 digits et D_0 a une longueur 6 digits. A la fin du premier tour de la fonction de Feistel généralisée, on a $G_1 = D_0$ comporte 6 digits, et $D_1 =$

$G0 \oplus F1(D0)$ comporte 5 digits. Dans ce cas la fonction $F1$ travaille sur un mot d'une longueur de 6 digits pour produire un mot d'une longueur de 5 digits et donc on extrait 17 bits de la sortie de la fonction SHA_1 , tel que précédemment décrit.

5 A la fin du deuxième tour du schéma de Feistel, on a $G2 = D1$, comporte 5 digits. On a aussi $D2 = G1 \oplus F2(D1)$, comporte 6 digits. Dans ce cas la fonction $F2$ travaille sur un mot d'une longueur de 5 digits pour produire un mot d'une longueur de 6 digits, on extrait donc 20 bits de la sortie de la fonction SHA_1 selon les considérations déjà vues.

10 Dans le cas d'un schéma de Feistel généralisé, le découpage du mot à chiffrer n'est pas symétrique, les fonctions de tour ne travaillent donc pas sur le même nombre de digits selon que l'indice du tour est pair ou impair. Ainsi lors des tours d'indice impair la fonction de tour du schéma de Feistel travaille sur un mot de longueur B digits pour produire un mot de longueur A digits. Lors des tours d'indice pair, la fonction de tour du schéma de Feistel
15 travaille sur un mot de longueur A digits pour produire un mot de longueur B digits.

D'une manière générale A et B peuvent prendre des valeurs quelconques tant que $A + B = N$. Dans la pratique, on préfère découper un
20 mot en digits de manière symétrique. Dans le cas où N est pair cela ne pose pas de problème, on a $A = B = N/2$. Dans le cas où N est impair on pose alors que A vaut la partie entière de $N/2$, alors que B vaut $N - A$. On a bien ainsi $A + B = N$. Avec ce mode de découpage B n'est jamais supérieur de plus d'une unité à A , et on a donc un découpage entier le plus proche
25 possible d'un découpage symétrique.

Ce procédé de chiffrement est utilisé pour chiffrer des mots en digits couramment utilisés. De tels mots sont des numéros de téléphones (8 à 10 digits), des numéros de cartes bleues (16 digits), des numéros de sécurité sociale (13 digits), des numéros de comptes en banques, des vouchers
30 électroniques,..., la liste n'est pas exhaustive. De plus ces numéros peuvent être concaténés en un numéro plus grand de manière à atteindre un mot d'une longueur de 30 digits.

D'une manière générale, avec le procédé selon l'invention, plus le mot à chiffrer est long, c'est-à-dire plus N est grand, meilleure est la résistance à
35 l'analyse cryptographique.

Pour un mot en entrée, une clé de chiffrement donnée et un nombre de tours du schéma de Feistel, on obtient toujours le même mot chiffré. De manière à renforcer le chiffrement et surtout à éviter les études de comportement basées sur un identifiant électronique, on peut concaténer un

5 numéro en digits à chiffrer avec un aléa en digits. Par exemple, pour chiffrer
un numéro de téléphone on le concatène d'abord avec le nombre de
secondes écoulées depuis le début de l'heure courante. On chiffre alors le
résultat de cette concaténation. Ainsi on n'obtient que très rarement le même
10 mot chiffré pour un numéro de téléphone donné. Le type d'aléa utilisé est
quelconque, il peut par exemple aussi s'agir d'un simple compteur
augmentant à chaque utilisation, d'un nombre tiré d'une suite pseudo-
aléatoire précalculée, la liste n'étant pas exhaustive.

Ainsi parmi les utilisations possibles du procédé selon l'invention on
cite la possibilité de chiffrer des informations entre leur émetteur et leur
15 destinataire. On cite aussi la possibilité d'isoler deux réseaux l'un de l'autre.
Cette isolation est réalisée, par exemple, par un serveur de l'opérateur d'un
premier réseau. Ce serveur transcode, avec le procédé selon l'invention, un
identifiant du premier réseau pour produire un identifiant sur le deuxième
réseau. Ainsi les entités agissant sur le deuxième réseau, à l'exception de
20 l'opérateur du premier réseau, sont incapables d'identifier l'utilisateur du
premier réseau.

L'invention s'applique donc particulièrement et très avantageusement
à la téléphonie. Ainsi dans le cadre de la préservation de la vie privée des
abonnés à un opérateur de téléphonie, et de la lutte contre le courrier non
25 sollicité (aussi connu sous le nom de "spamming"), tous les protocoles
utilisent le MSISDN (Numéro de téléphone international d'un abonné), codé
sur 15 digits, comme identifiant de l'abonné et cette information peut alors
être détournée par le fournisseur de services dans le but d'établir un profil de
l'utilisateur, ou dans le but d'émettre des messages non sollicités. On peut
30 chercher à cacher cette valeur par chiffrement mais il faut alors que le
résultat soit compatible avec le format des protocoles de télécommunication
et surtout que l'opérateur puisse facilement le déchiffrer. Ces deux buts sont
atteints avec le procédé selon l'invention.

Le cas du voucher électronique est également un bon exemple
35 d'application de l'invention. L'interface au niveau d'un téléphone mobile est

limitée au clavier numérique, et donc l'utilisateur est limité dans sa saisie à des digits. Dans le cadre de la génération d'un voucher électronique (un numéro de voucher est équivalent à une valeur financière, par exemple 30 euros), chaque saisie de voucher permet de créditer un compte. La gestion des vouchers chez le fournisseur de services est simplifiée si le générateur de ces valeurs utilise des algorithmes symétriques travaillant sur des digits. Un compteur défile de 1 à M, et le chiffrement du compteur fournit des données pseudo-aléatoires toutes différentes. Il est ainsi possible de générer des codes pseudo-aléatoires sur N digits, facilement gérables par le fournisseur de services car on ne stocke que la dernière valeur de compteur utilisée, et non pas toutes les valeurs de vouchers déjà générées pour s'assurer de l'unicité de celles-ci.

De manière générale, dans les "grosses" bases de données, le stockage est fait en clair, la structure peut être composée (formats non homogènes, numérique et alphanumérique) et les besoins de sécurité imposent un chiffrement. Dans ce cas également, un chiffrement par digit permet de protéger efficacement les données et ce, sans en modifier la structure, et pour un coût économique très faible.

Ces exemples de mise en œuvre de l'invention ne limite pas les domaines d'application de l'invention.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de génération d'une permutation pseudo-aléatoire d'un mot comportant N digits dans lequel:

- 5 - on met en œuvre un schéma de Feistel (202-205) généralisé, caractérisé en ce que:
- les fonctions de tours du schéma de Feistel généralisé mis en œuvre sont des fonctions (Fi) telles que :
 - les mots d'entrée des fonctions de tours sont produits par la conversion de mots en digits en mots binaires,
 - puis sur ces mots binaires est appliquée une fonction à sens unique,
 - enfin, la sortie en digits est une fonction de ces mots binaires.
 - on lit dans une mémoire (104) un mot en digits à chiffrer,
 - 15 - le schéma de Feistel généralisé utilisé comporte au moins $T = 5$ tours.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fonction à sens unique sur les mots binaires utilise une fonction pseudo-aléatoire standard de cryptographie sur des mots binaires

- 20 3 - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que la fonction pseudo-aléatoire standard sur les mots binaires utilise la fonction SHA-1.

4 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le nombre de tours T du schéma de Feistel est inférieur ou égal à 30.

- 25 5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le nombre de tours T du schéma de Feistel est égal à 6.

6 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lors des tours impairs du schéma de Feistel la fonction de tour travaille sur un mot de longueur B, et lors des tours pairs du schéma de Feistel elle travaille sur des mots de longueur A digits, où $A + B = N$.

- 30 7 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que A vaut la partie entière de $N / 2$ et B vaut $N - A$.

8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que N est un nombre entier compris dans l'intervalle [7, 30].

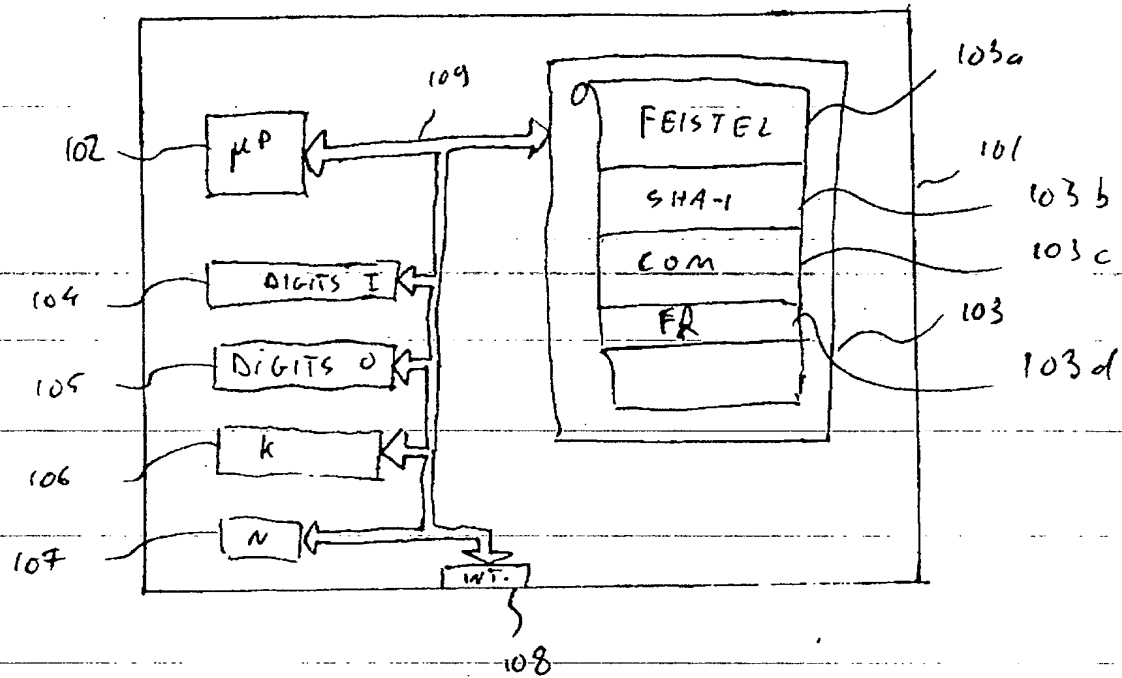
- 35 9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce

17

que N est un nombre entier compris dans l'intervalle [10, 30].

10 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que N est un nombre entier compris dans l'intervalle [13, 30].

Fig 1



1 / 1

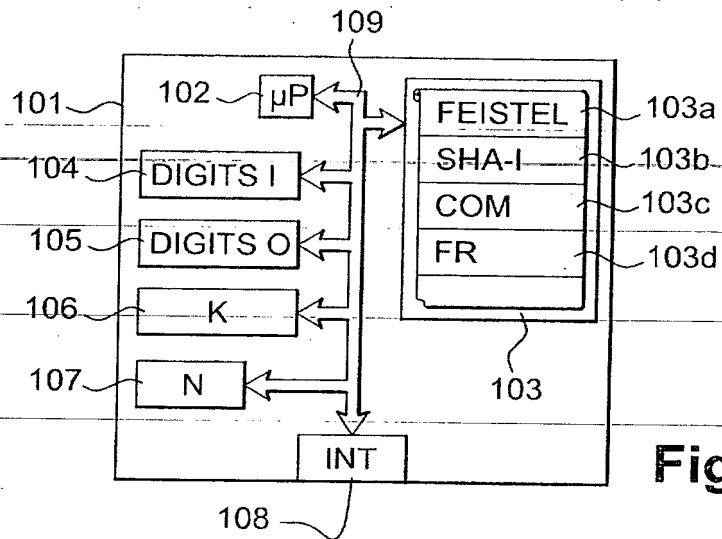


Fig. 1

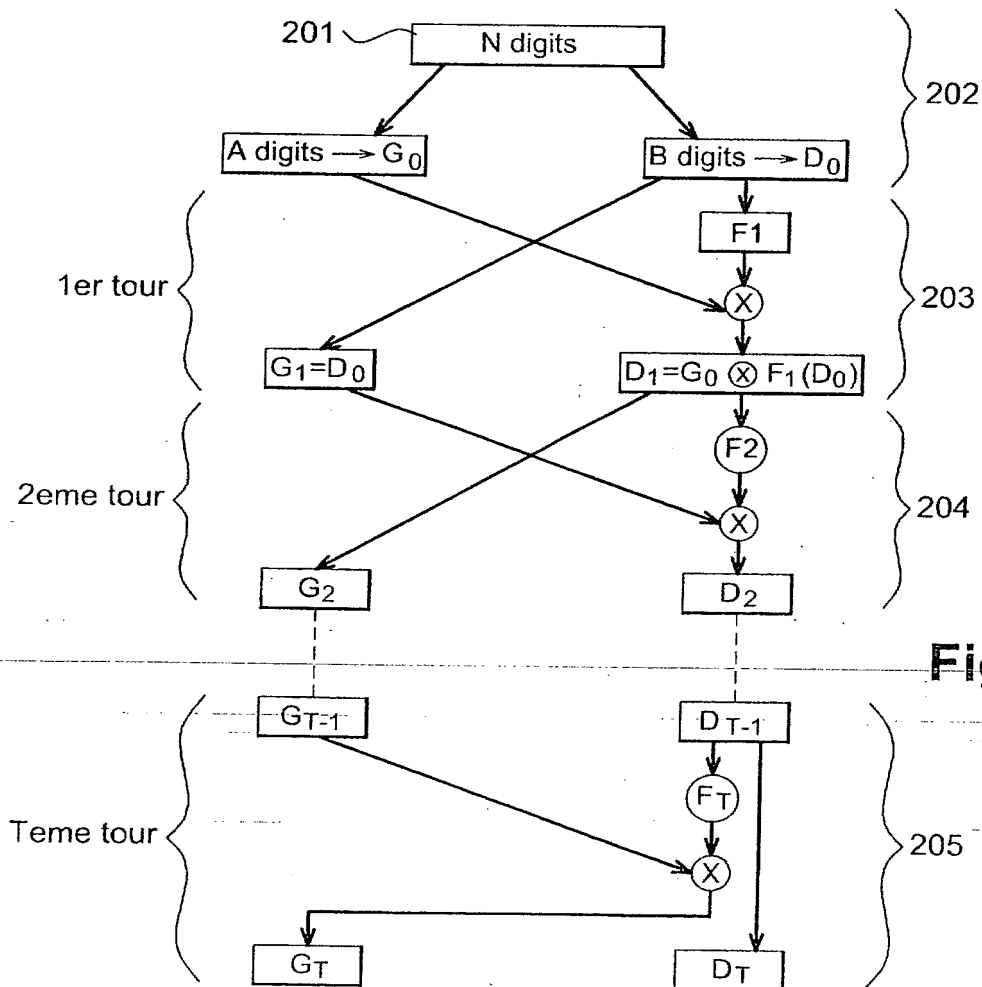
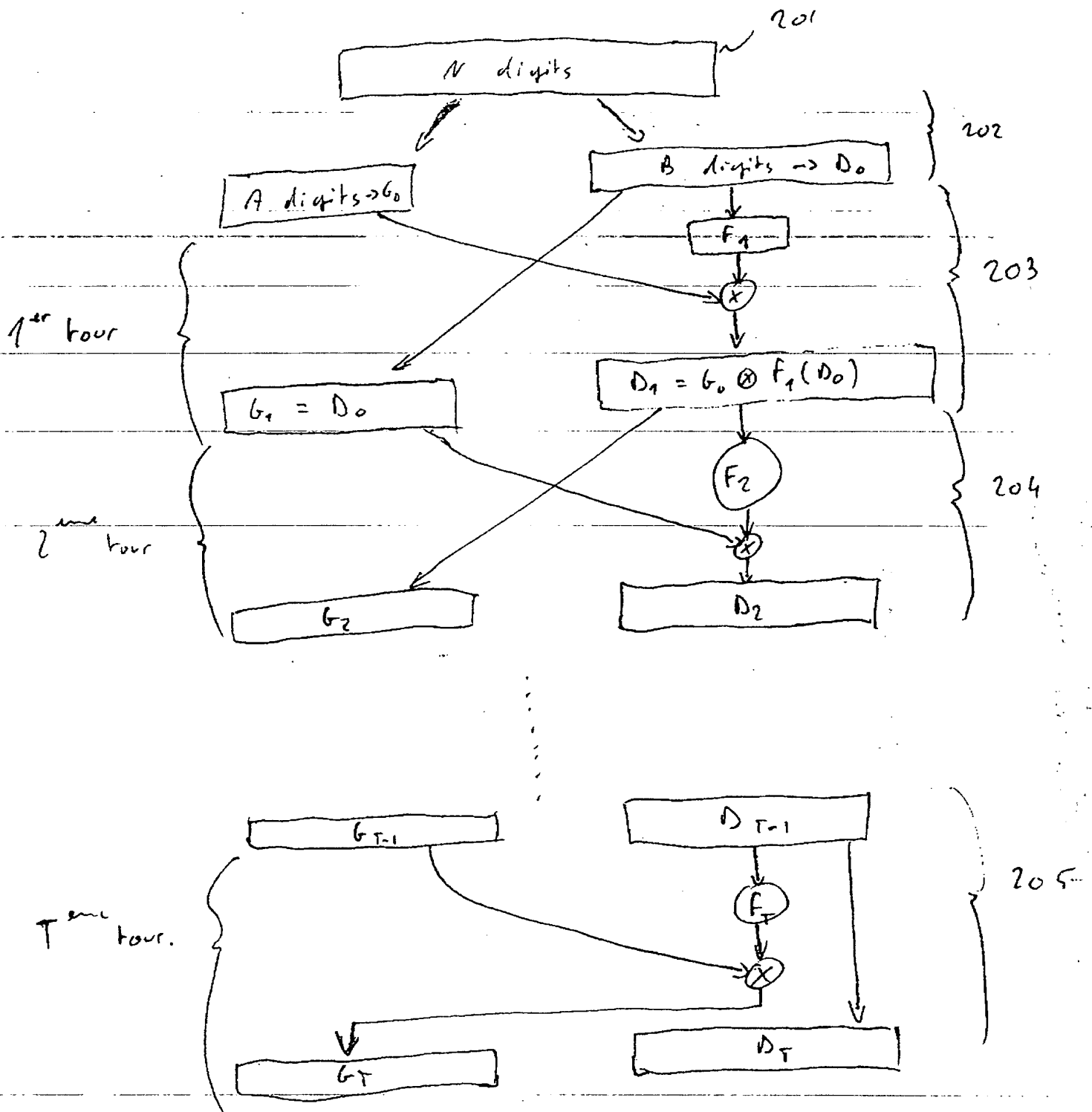


Fig. 2





BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	10879FR
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
	PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UNE PERMUTATION PSEUDO-ALÉATOIRE D'UN MOT COMPORTANT N DIGITS
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	WARY
Prénoms	Jean-Philippe
Rue	41, rue de la Fontaine Grelot Bâtiment 4
Code postal et ville	92340 BOURG LA REINE
Société d'appartenance	
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.